

# AMENDEMENTS MINERAUX

## SOMMAIRE

### DONNEES FONDAMENTALES 1

- A. GENERALITES SUR LE PH DU SOL ET SON ETAT CALCIQUE
- B. LES AMENDEMENTS CALCIQUES ET MAGNESIENS
- C. CONDITIONS D'APPLICATION
- D. SPECIFICITE DE LA ZONE A GERANIUM

### PRATIQUES DES AGRICULTEURS 8

### CONSEILS TECHNIQUES 9

- A. EN CULTURE PURE
- B. AVEC CULTURES INTERCALAIRES

### INCIDENCE DE L'INNOVATION 9

- A. INTERET TECHNIQUE
- B. INTERET ECONOMIQUE

### REFERENCES 1 1

---

DERNIERE MISE A JOUR : Décembre 1989

COORDINATEURS : P.F. CHABALIER

CONTACT : CIRAD-IRAT 97487 SAINT-DENIS Cedex Tél. : 28-00-51

## DONNEES FONDAMENTALES

### A. GENERALITES SUR LE PH DU SOL ET SON ETAT CALCIQUE

#### 1. Le complexe absorbant

Le complexe absorbant du sol est formé de particules très fines et de grosses molécules organo-minérales complexes, à grande surface spécifique et chimiquement très actives. Une des propriétés du complexe est de retenir à sa surface, par des forces électrostatiques, des ions qu'il peut facilement échanger avec ceux de la solution du sol, par la formule :



R = complexe absorbant

X et X' = cations tels que Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> et Al<sup>3+</sup>, Mn<sup>++</sup>, H<sup>+</sup>

#### 2. La capacité d'échange

La capacité d'échange de cations (CEC) est la quantité de cations évaluée en mille équivalent retenue pour 100 g de sol (terre tamisée à 2 mm). Elle dépend de :

- la teneur en argile ou des silicates d'alumine secondaire plus ou moins cristallisés,
- la nature de ces silicates d'alumine,
- du pourcentage de matière organique,
- de la nature de cette M.O.

Dans les sols à charge variable, comme les andosols, cette CEC n'est pas fixe mais est modifiée par les variations de pH du sol. Chimiquement, elle a un caractère amphotère (capable de se combiner aussi bien aux acides qu'aux bases suivant le pH qui conditionne le signe) et a un point de charge nul (PCN) plus ou moins élevé selon le taux de M.O. :

- très minéral, le PCN est élevé et la rétention des cations est mal assurée à pH faible,
- très organique, le PCN est bas, redonnant une rétention plus "normale" des cations.

### 3. Le taux de saturation du complexe

Le taux de saturation du complexe (CEC) correspond au rapport de la somme des principaux cations sur la CEC (il est exprimé en %).

On parle de taux de saturation ou garniture du complexe. Il dépend essentiellement de la méthode d'évaluation de la CEC, car si la somme des bases donne des résultats comparables suivant les méthodes utilisées, les mesures de la CEC des sols à charges variables donnent des résultats extrêmement différents si on travaille au pH du sol (méthode à la cobaltihéxamine) on a un pH élevé (acétate d'N H<sub>4</sub> à pH 7,5). Dans un cas la saturation sera bonne (80 % par ex.), dans l'autre cas elle sera faible (15 % par ex.) pour une même somme des bases.

Dans les sols, la cause essentielle de l'acidité est le manque de calcium et éventuellement de magnésium. Le sol est alors désaturé.

### 4. Toxicité

La toxicité en fer et en manganèse est visible par des colorations brunes ou rougeâtres sur les feuilles. Le manganèse peut abaisser la teneur en fer et provoquer une chlorose induite (jaunissement de l'ananas). L'aluminium empêche le développement racinaire : racines courtes, trapues, sans chevelu = le développement de la plante est donc réduit : nanisme, et dépérissement du végétal pouvant entraîner la mort.

### 5. Le pH du sol

Δ L'acidité réduit la fertilité du sol

Lorsque le sol devient acide, les bactéries responsables du cycle de l'azote disparaissent. La microflore est alors essentiellement formée de champignons (on favorise les maladies cryptogamiques).

- La nutrition des plantes se fait mal et l'efficacité des engrais baisse rapidement.
- Les toxicités apparaissent sur les plantes suivant leurs exigences et leur sensibilité.
- Le phosphore se fixe de plus en plus fortement sur les métaux = Al et Fe.

Δ La réaction du sol : le pH (pH eau et pH KCl)

Pour connaître la réaction d'un sol, il faut mesurer le pH (concentration en ions H<sup>+</sup>).

Certaines plantes sauvages sont indicatives de pH acides (fougères, tamarins, goyaviers, genêts, ajonc, digitale).

La mesure du pH eau peut être faite par un papier pH, un pH-mètre de terrain ou de laboratoire. L'état du sol (frais, séché, très sec) influe sur la valeur mesurée. Cette mesure est donc assez grossière et variable dans le temps, d'un appareil à l'autre, etc... On préfère souvent effectuer une mesure pH KCl où l'on ajoute du KCl au sol pour déplacer tous les ions H<sup>+</sup> du complexe. Cette mesure est plus fiable. Ce pH est donc normalement inférieur au pH eau. Il est préférable de confirmer l'acidité par une mesure des bases sur le complexe.

## **B. LES AMENDEMENTS CALCIQUES ET MAGNESIENS**

### **1. Définition des amendements minéraux**

Il existe plusieurs définitions.

- Substance qu'on incorpore au sol pour améliorer ses propriétés physiques, physico-chimiques, chimiques et biologiques.
- Ce terme est appliqué à un apport de calcium sous forme de  $\text{CaO}$  -  $\text{CaCO}_3$  -  $\text{CaSO}_4$  ou écumes de Sucreries ou autres qui corrige les effets néfastes de l'acidité sur la croissance des plantes et améliore en même temps la structure du sol car l'ion  $\text{Ca}$  est flocculant.
- Opération qui consiste à apporter au sol une de ces substances. (Dictionnaire de Science du Sol - LOZET et MATHIEU, Tec. et Doc., 1986).

### **2. Besoins en calcium**

Par convention, on exprime les besoins en calcium et en magnésium en oxyde (chaux des chimistes)

$$\begin{array}{rcl}
 1 \text{ équivalent} & = & 40 \text{ g de Ca} \text{ ---} > 56 \text{ g de CaO} \\
 & & \quad \quad \quad \times 1,4 \\
 1 \text{ équivalent} & = & 24 \text{ g de Mg} \text{ ---} > 40 \text{ g de MgO} \\
 & & \quad \quad \quad \times 1,66
 \end{array}$$

### **3. Les sources d'amendements calciques et magnésiens**

#### **Δ Les roches calcaires**

Les roches calcaires contiennent du  $\text{CaCO}_3$  ( $\text{CaCO}_3$  pur = 56 % de  $\text{CaO}$ ). Avec les impuretés, une roche calcaire contient environ 50 % de  $\text{CaO}$ . Certaines roches contiennent du magnésium (calcaires magnésiens et dolomies). Pour accroître son activité dans le sol, on le broye finement (produits crus) ou on le chauffe (produits cuits).

AMENDEMENTS MINERAUX -4-

Δ Produits crus : calcaires ou dolomie (carbonates)

- Amendement calcaire : terme générique pour toutes les catégories = 45 à 55 % CaO (on divise par 1,4 pour la teneur en Ca)

	CaO %	MgO %
Craie	50 - 55	
Maerl	40 - 50	2 à 6
Marne	25 - 45	
Calcaire magnésien	20 - 30	8 - 17
Dolomie	20 - 30	17 - 21
* Ecume de défécation	3,6	0,7
* Fumier de géranium (voir fiche n° 10-1987)	6,5	1,3

\* en % de la Matière Sèche.

Δ Produits cuits

	CaO%	MgO %
chaux vive agricole	75 - 92	
chaux magnésienne	45 - 75	18 - 40

Δ Amendements mixtes (partiellement cuits ou mélangés)

	CaO %	MgO %
calcaire	50 - 70	
calcaire magnésien	30 - 50	10 - 30

4. Les qualités des amendements

Δ Valeur neutralisante : CaO et MgO utiles (VN)

Elle est exprimée en comparaison d'une chaux pure : c'est le poids en chaux pure qui a la même action que 100 Kg de l'amendement. Elle correspond à la solubilisation dans une solution d'acide HCl (AFNOR n° 444-173 de 1979). La magnésie a une valeur neutralisante égale à 1,4 fois celle de la chaux.

ex. : chaux	95 % CaO	V.N. = 95	
calcaire	52 % CaO	V.N. = 52	
dolomie	30 % CaO 21 % Mg	V.N. = 59	
gypse pur	24 % CaO	V.N. = 0	(sel neutre)

Δ Rapidité d'action

Les chaux agissent vite : quelques mois. Les calcaires ont une action d'autant plus rapide qu'ils sont tendres et finement broyés.

Tests :

- solubilité des amendements en continu : dans l'acide HCl ou acide carbonique
- mesure de la surface spécifique
- cristallinité et cristallographie des carbonates
- analyses minéralogiques (diffractométrie aux RX)

Exemple : - la craie est tendre et a une action rapide  
- le marbre est dur et doit être broyé finement

**C. CONDITIONS D'APPLICATION**

1. Choix des amendements

- Les éléments à prendre en considération :
- coût de l'unité neutralisante
  - rapidité d'action (finesse de broyage - V.N.)
  - commodité d'emploi

- les apports supplémentaires éventuels (magnésie, phosphates, oligoéléments,...)

## 2. Epandage - Enfouissement

### Δ Epoque d'épandage

Il est possible d'épandre un amendement à toute époque de l'année :

- après une coupe
- en couverture sur une culture
- sur toute terre libérée par la récolte en sol nu

### Δ Modalités d'épandage

Selon le type d'amendement et la dose, il sera possible de l'épandre avec un épandeur à fumier ou un épandeur à engrais ou à la main.

### Δ L'enfouissement

Il n'est pas nécessaire immédiatement et on préférera une façon superficielle à un labour profond : l'amendement sera mieux réparti dans la couche supérieure. Il migrera doucement dans la partie la plus profonde.

### Δ Problème de la localisation

Dans certains cas, on est amené à localiser l'amendement au trou (arbre fruitier, géranium, autres). Cette technique n'est pas conseillée car on fait apparaître des "barrières chimiques" auxquelles les racines sont sensibles et on accentue la culture en "pot de fleur".

## 3. Calcul des doses à épandre

### Δ Attention aux doses !

Les doses de chaulage sont habituellement calculées pour une couche de 20-25 ou 30 cm sur un ha de sol soit 2000 à 3000 t/ha pour les sols andiques ( $d_a = 1$ ). Pour ne pas provoquer une hausse du pH inconsidérée et dangereuse, il faut recalculer le volume du sol travaillé et adapter la dose au poids du sol : 100 t/ha de sol pour 50 000 trous/ha environ si on chaulé les trous.

### Δ Calcul des doses à épandre

Plusieurs méthodes sont utilisées selon les possibilités d'expérimentations et d'analyses.

#### Calcul avec pH mètre

Avec un simple pH mètre, on peut réaliser des tests simples et rapides (méthodes FAO).

On pèse des quantités connues de sol (homogénéisé et tamisé) auxquelles on ajoute de la chaux en quantité croissante (courbe de réponse) : correspondant par exemple à 1 - 2 - 4 - 6 - 8 t de CaO/ha. On peut également ajouter du Ca CO<sub>3</sub> mais la réponse sera plus longue (3 semaines au moins).

On trace la courbe de pH en fonction des doses.



### Calcul au laboratoire

Au laboratoire, on évalue la désaturation du complexe, ou l'acidité d'échange ou l'aluminium échangeable. Des méthodes de calcul permettent alors de neutraliser plus ou moins l'acidité et les ions toxiques.

Exemple de la méthode hawaïenne qui est une méthode très économe et adaptée à une culture :

$$\text{Dose de Ca CO}_3 \text{ t/ha} = 1,4 (\text{acidité d'éch.} - \text{CAS} \times \frac{\text{CEC}}{100})$$

avec :

- acidité d'échange = Al + H extrait au KCl
- CAS = niveau critique de saturation en Al pour la culture considérée en %. :  
maïs 30 % ; riz 40-50 % ; haricot 0 % ; patate douce 30 %
- CEC = capacité d'échange effective
- 1,4 = relation d'une quantité de Ca Co<sub>3</sub> nécessaire pour neutraliser une mole de (Al + H) dans une masse de sol de 1500 t/ha

## 4. Rémanence du chaulage

### Δ Origine des pertes en calcium et magnésium

C'est un problème très difficile à aborder : la rémanence de l'effet du chaulage dans le sol dépend des pertes de calcium et de magnésium

- par les récoltes (fortes pour le géranium)
- par le lessivage du sol par les pluies, accentué par l'effet des engrais.

### Δ Effet des engrais

- 100 kg d'urée font perdre 45 kg CaO/ha
- 100 kg d'ammonitrate font perdre 35 kg CaO/ha
- 100 kg de 15-7-24 font perdre 20 kg de CaO

Au total, les pertes annuelles en CaO sont de l'ordre de 200 à 600 kg/ha par an (selon les pluies et les cultures). Il faut donc compenser ces pertes par un chaulage d'entretien, tous les 3 à 5 ans avant d'être amené à réaliser des chaulages de correction plus importants

## 5. Résumé

On peut simplifier en disant qu'un apport de moins de 1 t de CaO/ha ne modifie pas sensiblement le pH mais peut contrer les ions toxiques. Un apport de 2 à 3 t/ha modifie le pH et élimine les ions toxiques. Un apport supérieur à 3 t/ha modifie le pH de façon nette et relativement durable dans le temps.

## D. SPECIFICITE DE LA ZONE A GERANIUM

### 1. Les andosols

Il n'y a pas de réserve facilement accessible. La solution du sol arrive néanmoins à fournir assez de calcium et de magnésium (sauf cas de carence) aux plantes mais en prélevant sur le complexe. Ces ions sont remplacés par des ions H<sup>+</sup> et le sol s'acidifie davantage.



A partir de pH 5, l'aluminium apparaît sous forme ionique sur le complexe. Il augmente exponentiellement avec l'acidité. Le manganèse et le fer également apparaissent et deviennent vite toxiques. Tous ces éléments deviennent toxiques selon les conditions Red Ox du milieu. D'autres peuvent être bloqués (Molybdène) par l'acidité.

## **2. La teneur en calcium du géranium**

La teneur en calcium du géranium est assez remarquable car elle est souvent supérieure à la teneur en potassium.

Les teneurs varient de 1,5 à 3,8 % en CaO (moyenne 2,5). Selon le nombre de coupes, les exportations vont varier. C'est l'élément le plus exporté par la culture : pour 30 t de matière verte à l'ha (environ 50 kg d'essence), il faut compter 200 kg de CaO/ha exportés (Fiches d'essai n° 1/73 - n° 33/73).

## **3. L'amendement sur géranium**

L'amendement calcaire ne semble pas avoir d'influence sur la production du géranium. Cette culture doit tolérer un fort pourcentage d'aluminium échangeable.

On peut faire l'hypothèse que c'est une plante fortement mycorrhisée (de type VAM = Vesicular - arbuscular mycorrhizae).

Cette association favorise la tolérance à la sécheresse et la nutrition en sol pauvre (phosphore, zinc et autres minéraux, peut-être le calcium).

## **4. L'amendement sur cultures intercalaires**

Certaines cultures sont très sensibles à l'aluminium

- légumineuses type haricots (CAS  $\approx$  0)
- maïs - tabac (CAS  $\leq$  30)

Le chaulage devra tenir compte du système de culture et de l'intensification.

## **5. En résumé**

Le géranium est une culture érosive et acidifiante. Le géranium semble s'accommoder des sols acides et il est capable d'exporter de grosses quantités de calcium, même dans des sols très désaturés (association racines-mycorhizes). Pour conserver un bon niveau de fertilité du sol (minéralisation, assimilabilité du phosphore, fixation des cations), il est conseillé de chauler les andosols : chaulages d'entretien et de correction.

Si des cultures intercalaires sont réalisées, le chaulage doit alors corriger les toxicités du sol pour un certain temps. Les doses dépendent de l'acidité et peuvent devenir importantes : de 2 à 3 t/ha de CaO (pour 1 point pH).

# **PRATIQUES DES AGRICULTEURS**

---

Aucun apport n'est effectué de manière spontanée. Utilisation de la cendre (riche en phosphore). Lorsque la chaux est disponible gratuitement, les planteurs l'utilisent contre le pourridie.

## **CONSEILS TECHNIQUES**

---

Le chaulage ne semble pas être le premier facteur limitant de la culture du géranium.

Dans les sols andiques c'est cependant un des atouts de la fertilité globale du sol et d'une bonne efficacité des engrais.

### **A. EN CULTURE PURE**

En culture pure, on ne le préconisera que dans un système performant et intensif. Il est préférable de l'amener en plein, mais on peut en diminuant les doses l'amener aux sillons ou aux trous (environ 100 t/ha de sol au lieu de 2000). Son effet n'est pas spectaculaire sur la production de géranium, sauf dans des cas graves de carence ou de fortes toxicités.

### **B. AVEC CULTURES INTERCALAIRES**

Avec cultures intercalaires, l'amendement sera une des clefs de réussite notamment pour celles sensibles à l'acidité comme le haricot et à un moindre degré pour les autres cultures.

Un amendement, au même titre qu'un engrais a une efficacité limitée dans le temps. Les apports doivent être renouvelés périodiquement. Un suivi de l'évolution des sols sous cultures par des échantillonnages périodiques (4-5 ans) permet d'apprécier l'acidification en fonction du temps. Mais attention au problème de l'échantillonnage dans des champs parfois très hétérogènes !

## **INCIDENCE DE L'INNOVATION**

---

### **A. INTERET TECHNIQUE**

Il permet sans doute une amélioration de la production globale du géranium :

- soit par son action directe lorsque l'acidité est très élevée et les toxicités fortes,
- soit par son action indirecte sur les autres facteurs de la fertilité : action à long terme.

Dans la majorité des cas, son action ne sera pas spectaculaire sur la culture pure de géranium.

## **B. INTERET ECONOMIQUE**

Le gain de productivité sera souvent difficile à estimer. Pour cela, il faudrait systématiquement installer des tests comparatifs avec et sans amendement. Dans les cultures "géranium + intercalaires", l'intérêt économique doit être évident sur le bilan du système. Pour les cultures pures, il faut pouvoir juger sur 4 à 6 ans de production.

Sachant qu'une tonne d'amendement revient à environ, 1200 Frs à 1400 Frs rendu au champ, il est évident que le financement de ce produit ne peut être réalisé par l'agriculteur lui-même dans la situation actuelle.

## REFERENCES

---

C. ALBERTELLI, 1987 : Comparaison de tests de chaulage et étude des caractéristiques d'andosols acides à la Réunion. Mémoire ISTOM/CIRAD. Doc. Ronéo. IRAT.

A. HAILE, 1982 : Etude de l'effet d'amendements minéraux sur la réduction des pertes minérales par lixiviation dans quelques sols dancines par les colloïdes à charges variables. Doc. USTL-ENSA Montpellier.

Anonyme, 1986 : An expert system to determine lime requirements for soil of the humid tropics. Center for soil research. Bojor Indonésie. Univ. of Hawaiï and North Carolina State.

Fiche d'essai IRAT n° 62, 1971 : Doses croissantes de calcium sur géranium en vases de végétation.

Fiche d'essai IRAT n° 48, 1974 : Essai d'amendement calcaire sur géranium. Colimaçons - 1972-1974.

Fiche d'essai IRAT n° 47, 1975 : Essai d'amendement calcaire sur géranium. Colimaçons - 1974-1975.

BRENDA BIERMANN, 1983 : Increased geranium growth using pretransplant inoculation with a mycorrhizal fungus. Journal of Am. Soc. of Hort. Sci. Alexandria, 108 (6), 972-976.